



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03102349.2 ✓

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 03102349.2 ✓
Demande no:

Anmelde tag:
Date of filing: 30.07.03 ✓
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards
GmbH
Steindamm 94
20099 Hamburg
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Röntgeneinrichtung mit automatisch einstellbarem Kollimator

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G21K1/04

Am Anmelde tag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

Röntgeneinrichtung mit automatisch einstellbarem Kollimator

Die Erfindung betrifft eine Röntgeneinrichtung zur Erzeugung von Abbildungen eines Körpers mit einem automatisch einstellbaren Kollimator. Ferner betrifft sie ein Verfahren zur Erzeugung von Röntgenaufnahmen eines Körpers mit einer automatischen Einstellung eines Kollimators.

5 Die Röntgeneinrichtungen zur Aufnahme von medizinischen Röntgenbildern enthalten in der Regel einen Kollimator mit nicht-transparenten Verschlussteilen und semi-transparenten Blendenkeilen, durch deren Einstellung das Röntgenstrahlenbündel so geformt werden kann, dass nur interessierende Teile des Körpers eines Patienten mit der gewünschten Strahlstärke bestrahlt werden. Ferner enthalten Kollimatoren typischerweise Filterelemente, um das Spektrum des Strahls in gewünschter Weise zu verändern. Die 10 wichtigsten Vorteile der Verwendung eines Kollimators liegen in der Verbesserung der Bildqualität, in der Verminderung des Risikos von Strahlenschäden eines Patienten (z.B. Hautverletzungen) und in der Reduktion der Streustrahlung, welcher das Personal während der Bildaufnahme ausgesetzt ist. Dabei ist die Minderung der Strahlenbelastung insbesondere angesichts der zunehmend stattfindenden, langdauernden diagnostischen und therapeutischen Eingriffe unter röntgenfluoroskopischer Beobachtung wichtig.

15 20

Die Einstellung von Kollimatoren erfolgt derzeit überwiegend von Hand durch das behandelnde Personal. Dies ist jedoch nicht nur verhältnismäßig umständlich, sondern lenkt zudem von der eigentlichen Tätigkeit ab. Häufig wird daher die Einstellung der Kollimatoren unterlassen mit entsprechenden Nachteilen hinsichtlich der Bildqualität und der Strahlenbelastung.

Zum Schutz des Röntgendetektors vor ungedämpfter Direktstrahlung wird in der US 6 055 295 eine automatische Einstellung eines Kollimators vorgeschlagen. Dabei

werden zu Beginn einer Intervention Erkundungs-Röntgenaufnahmen erzeugt, auf denen direkt bestrahlte Detektorzonen von solchen, die durch den Körper des Patienten abgedeckt sind, automatisch unterschieden werden. Anschließend wird der Kollimator so eingestellt, dass auf den nachfolgenden Röntgenaufnahmen die nicht durch den

- 5 Körper abgedeckten Zonen ausgeblendet sind. Das Verfahren ist insbesondere für Aufnahmen der Beine eines Patienten bestimmt, da in diesem Falle die abgebildeten Körperpartien verhältnismäßig schmal sind und große Zonen des Detektors der Direktstrahlung ausgesetzt sind. Bei anderen medizinischen Anwendungen wie beispielsweise kardialen Interventionen ist ein derartiges Verfahren jedoch nicht von Nutzen, da dort
- 10 die Röntgenaufnahmen ohnehin keine Zonen mit Direktstrahlung beinhalten.

Vor diesem Hintergrund war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel zur vereinfachten Nutzung der Einstellmöglichkeiten des Kollimators einer Röntgeneinrichtung bereitzustellen.

15

Diese Aufgabe wird durch eine Röntgeneinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

- 20 Die erfindungsgemäße Röntgeneinrichtung dient der Erzeugung von Abbildungen eines (biologischen) Körpers und enthält die folgenden Komponenten:

a) Eine Röntgenstrahlungsquelle zur Erzeugung eines Röntgenstrahlenbündels.

- 25 b) Einen automatisch einstellbaren Kollimator mit für Röntgenstrahlung nicht-transparenten und/oder semi-transparenten Blendenelementen, mit denen ein die Röntgenstrahlungsquelle verlassendes Röntgenstrahlenbündel in seiner Form begrenzt und/oder lokal gedämpft werden kann, und/oder mit Filterelementen, mit welchen das Spektrum des Röntgenstrahls verändert werden kann.

30

c) Einen Röntgendetektor, welcher im Weg des Röntgenstrahlenbündels angeordnet ist und die auf ihn treffende Menge der Röntgenstrahlung ortsaufgelöst messen kann, wobei zwischen Röntgenstrahlungsquelle und Röntgendetektor der abzubildende Körper anzutragen ist.

5

d) Eine mit dem Kollimator und dem Röntgendetektor gekoppelte Datenverarbeitungseinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, die nachfolgenden zwei Schritte auszuführen:

10 - Lokalisierung einer interessierenden Region, die innerhalb des zu röntgenden Körpers liegt, auf einer oder mehreren vom Röntgendetektor übermittelten Röntgenaufnahmen des Körpers. Diese Röntgenaufnahmen werden im Folgenden zu Zwecken der Unterscheidung auch als "erste Röntgenaufnahmen" bezeichnet, ohne dass damit eine Einschränkung in Bezug auf den Zeitpunkt ihrer Erzeugung verbunden sein soll. Die interessierende Region ("region of interest", ROI) ist in der Regel durch die jeweils zugrundeliegende Anwendung vorgegeben. Sie kann insbesondere durch ein Organ oder einen Abschnitt eines Organs definiert werden, z.B. bei kardialen Eingriffen durch einen Teil eines Herzkratzgefäßes. Die Lokalisierung dieser Region auf einer Röntgenaufnahme kann semi-automatisch oder auch vollautomatisch mit Hilfe bekannter Verfahren der Bildanalyse erfolgen, wobei im erstgenannten Fall ein Benutzer interaktiv bestimmte Zusatzinformationen wie etwa den Beginn und das Ende eines interessierenden Gefäßabschnittes bereitstellt.

15

20

25 - Einstellung des Kollimators derart, dass die anschließend erzeugten, "nachfolgenden" Röntgenaufnahmen auf die interessierende Region konzentriert sind. Die genaue Art und Weise der "Konzentration" einer Röntgenaufnahme auf eine interessierende Region kann je nach Anwendung beziehungsweise je nach Vorgabe eines Nutzers verschieden erfolgen. In der Regel wird die Konzentration eine bestmögliche Darstellung der interessierenden Region und eine Ausblendung aller nicht zur interessierenden Region gehörenden Körperbereiche

30

beinhalten. Dabei wird der Übergang zwischen diesen zwei Extremen typischerweise mit Hilfe von keilförmigen, semi-transparenten Blendenelementen fließend gestaltet, so dass in dieser Zone bei verminderter Strahlenbelastung eine gewisse Restinformation erkennbar bleibt.

5

Die beschriebene Röntgeneinrichtung hat den Vorteil, dass sie eine vollautomatische oder zumindest weitgehend automatisierte Anpassung eines Kollimators an die Darstellung einer interessierenden Region beinhaltet, wobei die Definition und Festlegung dieser Region individuell bezogen auf die zugrundeliegende Anwendung und den

- 10 Patienten erfolgt. Das heißt, dass z.B. bei einer Intervention an der Aorta eine nach Größe und Form andere interessierende Region zugrundegelegt wird als bei Interventionen an den Herzkranzgefäßen. Von Bedeutung ist ferner, dass es sich bei der interessierenden Region um eine körpereigene Region, zum Beispiel um ein Organ oder einen Teil eines Organs des Körpers handelt. Das Abbildungsverfahren ist daher in vorteilhafter Weise an der Anatomie eines Patienten und nicht etwa an bestimmten Instrumenten oder dergleichen orientiert.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die interessierende Region so definiert, dass alle Lagen einer zu beobachtenden Körperstruktur wie beispielsweise eines Organs, welche diese Körperstruktur während einer zyklischen Eigenbewegung des Körpers annehmen kann, im nach Einstellung des Kollimators resultierenden Bestrahlungsfeld abgedeckt sind. In vielen Anwendungsfällen wird nämlich die Position eines interessierenden Organs durch Körperbewegungen wie den Herzschlag und/oder die Atmung periodisch verändert. Um trotzdem jederzeit eine ausreichend 25 gute Erfassung der Körperstruktur auf den Röntgenaufnahmen sicherzustellen und andererseits eine ständige Nachführung des Kollimators zu vermeiden, wird daher die interessierende Region von vornherein so groß gewählt, dass alle auftretenden Lagen des Organs im Abbildungsbereich sind.

30 Ausgehend von einer bestimmten zu beobachtenden Körperstruktur wie etwa einem Organ kann eine interessierende Region der vorstehend beschriebenen Art zum Beispiel

dadurch festgelegt werden, dass sie die Körperstruktur zusammen mit einer hierum verlaufenden Randzone vorgegebener Breite umfasst. Vorzugsweise ist die Datenverarbeitungseinrichtung indes dazu eingerichtet, anhand von mehreren ersten Röntgenaufnahmen, die aus verschiedenen Phasen der zyklischen Eigenbewegung stammen, eine 5 entsprechend breit definierte interessierende Region zu bestimmen. Das heißt, dass in den mehreren Röntgenaufnahmen jeweils die Lage einer zu beobachtenden Körperstruktur lokalisiert wird, und dass die interessierende Region so festgelegt wird, dass ein hierauf eingestellter Kollimator mit seinem Bestrahlungsfeld alle ermittelten Lagen und gegebenenfalls noch einen zusätzlichen (kleineren) Sicherheitsrand hierum erfasst.

10

Wie bereits erläutert wurde, kann es sich bei der interessierenden Region um den Abschnitt eines Gefäßes handeln. In diesem Falle werden die ersten Röntgenaufnahmen vorzugsweise so angefertigt, dass sie ein zuvor injiziertes Kontrastmittel innerhalb des interessierenden Abschnittes des Gefäßsystems darstellen. Weiterhin ist die Datenverarbeitungseinrichtung hierbei dazu eingerichtet, den Gefäßverlauf im genannten Abschnitt aus der Detektion des Kontrastmittels auf den ersten Röntgenaufnahmen zu ermitteln. Insbesondere kann die Datenverarbeitungseinrichtung diesbezüglich den zeitlichen Verlauf der Front einer Kontrastmittelinfektion (Bolus) aus mehreren Röntgenaufnahmen extrahieren und zur Bestimmung des Gefäßverlaufes verwenden.

15

Gemäß einer anderen Weiterbildung enthält die Röntgeneinrichtung Mittel zur qualitativen und quantitativen Erfassung einer Bewegung der interessierenden Region des Körpers, wobei diese Bewegung zum Beispiel durch ein Verrücken des Patienten auf dem Untersuchungstisch oder eine Verschiebung des Untersuchungstisches erzeugt 20 worden sein kann. Die Bewegung soll dabei relativ zu den bildgebenden Teilen der Röntgeneinrichtung definiert sein, so dass z.B. auch eine Positionsveränderung von Röntgenstrahlungsquelle und/oder Röntgendetektor als eine Bewegung der interessierenden Region erfasst wird. Weiterhin ist bei dieser Ausgestaltung der Röntgeneinrichtung die Datenverarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet, die Einstellung 25 des Kollimators so nachzuführen, dass die Konzentration der Abbildung auf die interessierende Region bestehen bleibt, das heißt dass die Bewegung der 30

interessierenden Region in den erzeugten Röntgenaufnahmen kompensiert wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass trotz eventueller Bewegungen das interessierende Untersuchungsgebiet immer und bei minimaler Strahlenbelastung abgebildet wird.

Die Mittel zur Erfassung der Bewegung können insbesondere Sensoren beinhalten,

5 welche eine Verstellung des Untersuchungstisches erfassen, auf welchem der Patient ruht. Weiterhin können sie Sensoren zur Erfassung der Röntgen-Aufnahmeparameter (Position, Winkel, Abstände, Modus etc. der Röntgenstrahlungsquelle und des Röntgen- detektors) enthalten.

10 Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorstehend beschriebenen Röntgenein- richtung ist die Datenverarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet, aus einer Bildanalyse der "nachfolgenden" Röntgenaufnahmen eine Abschätzung der Bewegung der interessierenden Region vorzunehmen. Das heißt, dass während einer Untersuchung erzeugte Röntgenaufnahmen ständig daraufhin überprüft werden, ob eine Bewegung

15 der interessierenden Region stattgefunden hat. Wenn eine solche Bewegung detektiert und in ihrem Ausmaß bestimmt worden ist, kann die Datenverarbeitungseinrichtung durch eine entsprechende Nachführung des Kollimators hierauf reagieren und die interessierende Region weiterhin im Abbildungsbereich halten. Vorzugsweise wird dieses Vorgehen mit den vorstehend erwähnten Mitteln kombiniert, die sensorisch die

20 Veränderung von Randbedingungen (Patiententisch, Röntgeneinrichtung etc.) feststellen.

Die Lokalisierung einer interessierenden Region auf den ersten Röntgenaufnahmen und/oder die Auswertung der nachfolgenden Röntgenaufnahmen (etwa zum Zwecke der

25 Bewegungsabschätzung) wird in der Praxis immer zu mit Unsicherheiten behafteten Ergebnissen führen. Beispielsweise kann eine nicht ausreichende Bildqualität eine exakte Lokalisierung eines interessierenden Organs unmöglich machen. Aus diesem Grunde wird vorzugsweise die Datenverarbeitungseinrichtung so eingerichtet, dass sie den Kollimator in eine vorgegebene Standardeinstellung versetzt, wenn die interessie- rende Region von Anfang an nicht oder im Verlaufe des Verfahrens nicht mehr mit

30 ausreichender Sicherheit lokalisiert werden kann. Diesbezüglich ist mit bekannten

Verfahren ein anzulegender quantitativer Sicherheitsmaßstab zu definieren, dessen Einhaltung überprüft werden muss. Die Standardeinstellung des Kollimators wird entsprechend den Vorgaben eines Benutzers für den jeweiligen Anwendungsfall festgelegt. Insbesondere kann der Kollimator maximal geöffnet werden, um auf jeden Fall die

5 Erfassung der interessierenden Region in den Röntgenaufnahmen sicher zu stellen.

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist die Röntgeneinrichtung dazu eingerichtet, aus den ersten Röntgenaufnahmen eine dreidimensionale Lokalisierung der interessierenden (dreidimensionalen) Region vorzunehmen. Typischerweise ist dazu

10 die Röntgeneinrichtung als eine Rotations-Röntgenvorrichtung ausgebildet, die Aufnahmen des Körpers aus verschiedenen Projektionsrichtungen erzeugt, aus denen sich das Beobachtungsfeld einschließlich der interessierenden Region dreidimensional rekonstruieren lässt. Diesbezüglich ist die Datenverarbeitungseinrichtung weiterhin dazu eingerichtet, bei einer Veränderung der Aufnahmerichtung während der nach-
15 folgenden (zweidimensionalen) Röntgenaufnahmen den Kollimator so nachzuführen, dass weiterhin eine Konzentration auf die interessierende Region besteht. Mit Hilfe der dreidimensionalen Lokalisierung der interessierenden Region ist es daher z.B. auch möglich, Verschwenkungen der Röntgenvorrichtung auszugleichen.

20 Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Erzeugung von Röntgenaufnahmen eines Körpers, welches die folgenden Schritte umfasst:

a) Erzeugung von mindestens einer ersten Röntgenaufnahme des Körpers;
25 b) Lokalisierung einer interessierenden Region innerhalb des Körpers auf der (den) ersten Röntgenaufnahme(n);
c) Automatische Einstellung eines Kollimators derart, dass die nachfolgenden Röntgenaufnahmen auf die interessierende Region konzentriert sind.

Das Verfahren beinhaltet in allgemeiner Form die mit einer Röntgeneinrichtung der oben beschriebenen Art ausführbaren Schritte. Hinsichtlich der Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen des Verfahrens wird daher auf die obige Beschreibung der Röntgeneinrichtung verwiesen.

5

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der beigefügten Figur beispielhaft erläutert. Die einzige Figur zeigt schematisch die Komponenten einer erfindungsgemäßen Röntgeneinrichtung.

- 10 Um eine Röntgenabbildung vom Körper eines Patienten 5 zu erzeugen, enthält die Röntgeneinrichtung eine Röntgenstrahlungsquelle 7 mit einer Röntgenröhre, welche mit Hilfe der von einem Generator bereitgestellten Röntgenspannung Röntgenstrahlung erzeugt, sowie einen Röntgendetektor 4, welcher ortsaufgelöst die vom Körper des Patienten 5 durchgelassene Röntgenstrahlung misst. Der Röntgendetektor 4 ist weiter-
15 hin mit einer Bildgewinnungseinheit 1 zum Auslesen der einzelnen Bildsensoren gekoppelt. Die Steuerung der Röntgeneinrichtung sowie die Verarbeitung der ge-
wonnenen (digitalisierten) Röntgenbilder erfolgt durch eine Datenverarbeitungs-
einheit 2, die zu diesem Zweck mit der Bildgewinnungseinheit 1 und der Röntgen-
strahlungsquelle 7 gekoppelt ist. Weiterhin ist die Datenverarbeitungseinheit 2 mit einer
20 Systemkonsole 8, über welche ein Benutzer Befehle eingeben und die Aufnah-
menprozedur steuern kann, sowie mit einer Anzeigeeinheit 3 zur Darstellung des auf-
genommenen Röntgenbildes gekoppelt.

- 25 Die Röntgeneinrichtung enthält ferner einen Kollimator 6, von dem in der Figur
stellvertretend zwei in das Röntgenstrahlenbündel eingreifende Verschlussteile und ein
Filter angedeutet sind. Zum Kollimator gehört weiterhin ein sogenanntes Primär-
strahlenfilter (nicht dargestellt) bestehend aus einer Iris, die von der mit der Röntgen-
röhre erzeugten Strahlung nur ein kegelförmiges Strahlenbündel durchlässt, sowie
einem Strahlfilter. Strahlfilter im Kollimator werden häufig zur Steuerung der Strahl-
30 qualität und zur Reduktion der Patientendosis eingesetzt.

Der Kollimator 6 ist ebenfalls mit der Datenverarbeitungseinheit 2 gekoppelt, wobei Letztere Befehle zur Einstellung gewünschter Positionen der Filter- und Blendenelemente an den Kollimator 6 übermitteln kann, wo sie durch eine entsprechende Positionierungsautomatik ausgeführt werden.

5

Durch gestrichelte Linien sind in der Figur die Grenzen des Röntgenstrahlenkegels angedeutet, welche sich bei einer maximalen Öffnung des Kollimators 6 ergibt. Für die meisten Untersuchungen ist indes nur ein sehr viel kleinerer Bereich des Körpers, z.B. der schematisch angedeutete Abschnitt eines Gefäßes 10, von Interesse. Um die

10 Strahlenbelastung von Patient und Personal zu minimieren und die Bildqualität zu verbessern, wird daher das Röntgenstrahlenbündel durch den Kollimator 6 vorteilhafterweise so begrenzt, dass es im Wesentlichen nur noch die interessierende Region des Körpers erfasst. Das nachfolgend erläuterte anwendungsspezifische Verfahren soll diesbezüglich den Arzt von einer manuellen Einstellung des Kollimators 6 entlasten,

15 indem die verschieden geformten Blenden- und Filtereinrichtungen des Kollimators 6 entsprechend der Anatomie des Patienten 5 automatisch eingestellt werden.

Dabei wird in einem ersten Schritt auf "ersten" mit der Röntgeneinrichtung erzeugten Röntgenaufnahmen ein interessierendes Organ 10 oder ein Teil hiervon in der Daten-20 verarbeitungseinrichtung 2 vollautomatisch oder semi-automatisch segmentiert. Mit dem Ergebnis dieser Segmentierung wird dann eine anwendungsspezifische "interessierende Region", im Folgenden ROI (region of interest) genannt, festgelegt. Die Datenverarbeitungseinrichtung 2 steuert sodann den Kollimator 6 so an, dass die Blenden- und Filterelemente entsprechend einer Beschränkung des Röntgenstrahlenbündels auf 25 die festgelegte ROI (Bezugsziffer 9 auf dem Bild des Monitors 3) eingestellt werden.

Insbesondere bei kardialen Interventionen kann die Festlegung einer ROI die Bewegungsabschätzung während eines Herzzyklus und/oder Atemzyklus beinhalten, damit gewährleistet ist, dass das interessierende Organ(-teil) 10 trotz Eigenbewegung immer 30 in der Abbildung bleibt. Weiterhin kann nach der ersten Einstellung des Kollimators 6 fortlaufend eine Bewegungsdetektion und -abschätzung erfolgen, so dass im Falle einer

(über Herzschlag und/oder Atmung hinausgehenden) Bewegung der Kollimator 6 entsprechend nachgeführt werden kann. Falls eine Einstellung des Kollimators 6 nicht möglich sein sollte, zum Beispiel weil die Projektionsrichtung der Röntgeneinrichtung geändert wurde, wird der Kollimator 6 vorzugsweise bis zu einer Standardeinstellung 5 geöffnet, um die Erfassung der ROI sicherzustellen.

Das vorstehend allgemein skizzierte Verfahren wird nunmehr detaillierter am Beispiel der Behandlung eines Aortenaneurysmas erläutert. Bei einer derartigen Behandlung wird ein zusammengelegter Stent mit einem Katheter bis zum Ort des Aneurysmas in 10 das Gefäßsystem eingeführt. Der Stent wird dann freigesetzt, woraufhin er sich entfaltet und die Aorta unter Erzeugung eines neuen, stabileren Kanals für den Blutfluss verstärkt, während das Aneurysma vom Kreislauf abgetrennt wird. Typische Merkmale eines solchen Eingriffes sind:

- 15 1. eine klare Definition der interessierenden Region ROI durch die Form der Aorta;
2. eine in der Regel sehr geringe Patientenbewegung;
- 20 3. eine in der Regel nur entlang der Aortenachse stattfindende Bewegung des Untersuchungstisches;
4. Abbildung der Läsion in anterior-posteriorer Richtung, wobei üblicherweise der Projektionswinkel während der Intervention nicht geändert wird.

25 Im ersten Schritt des Verfahrens werden aus einer angiografischen Aufnahmesequenz, die typischerweise zu Beginn der Intervention gewonnen wird, die Aorta und zugehörige Gefäßabschnitte segmentiert. Dabei kann durch eine Analyse von gewissen Bildeigenschaften (z.B. Prüfung, ob es sich um ein Subtraktionsbild handelt und ob die 30 Sequenz einen Kontrastmittel-Bolus zeigt, der durch den Gefäßbaum fließt) entschieden werden, ob eine Sequenz für eine automatische Segmentierung der ROI geeignet ist.

Alternativ kann das System auch so gestaltet sein, dass der Arzt genau dann das "ROI Imaging"-Protokoll aktiviert, wenn die letzte Sequenz genau die klinisch relevante Region zeigt.

- 5 Nach diesem generellen Klassifizierungsschritt wird ein einzelnes Bild aus der vorliegenden angiografischen Sequenz bestimmt, das als Vorlage für den sich anschließenden Segmentierungsschritt dient. Entweder wird mit Methoden der Bildanalyse ein Bild ausgewählt, oder das Minimums-Bild wird aus allen oder einer Auswahl von Bildern der angiografischen Sequenz berechnet. Sodann kann die klinische
- 10 relevante ROI mit Hilfe dieses einzelnen Bildes automatisch segmentiert werden. In diesem Zusammenhang kann ein anatomisches Modell bei der Unterscheidung zwischen der Aorta und relevanten Gefäßen einerseits sowie kleineren Gefäßen andererseits hilfreich sein.
- 15 Die Definition einer interessierenden Region ROI erfolgt beispielsweise durch eine das Segmentierungsergebnis einschließende Kontur. Sodann können die Blenden- und Filterelemente im Kollimator 6 so eingestellt werden, dass nunmehr die interessierende Region abgebildet wird. Durch eine Detektion des Einfließens des Kontrastmittels kann die Definition der interessierenden Region ROI und die Kollimatoreinstellung vollständig automatisch ausgeführt werden.
- 20

Während der anschließenden Intervention wird üblicherweise ein Bild der anfangs aufgezeichneten angiografischen Sequenz, das die entsprechende interessierende Region enthält, mit einem aktuellen Bild registriert. Typischerweise erfolgt die

- 25 Abbildung während der Intervention in einem fluoroskopischen Modus mit geringer Dosis (LDF) und meistens ohne Gabe eines Kontrastmittels. Daher ist außer den gegebenenfalls vorhandenen röntgendichten Instrumenten nur eine gewisse Hintergrundinformation (z.B. Wirbelkörper, Gewebe) auf den aktuellen Aufnahmen sichtbar. Im Stand der Technik sind jedoch verschiedene Registrierungsverfahren und
- 30 Ähnlichkeitsmaße bekannt, mit denen anhand der Unterschiede der Bilder eine Registrierung schnell und zuverlässig möglich ist (vgl. T.M. Buzug, J. Weese: "Image

registration for DSA quality enhancement", Comput. Med. Imag. Graph. 1998, 22, 103; T.M. Buzug, J. Weese: "Voxel-based similarity measures for medical image registration in radiological diagnosis and image guided surgery", J. Comput. Inf. Tech. 1998, 6(2), 165).

5

Weiterhin muss eine Bewegungsdetektion und -abschätzung durchgeführt werden, um den Kollimator 6 bei Auftreten einer Bewegung (Tischverschwenkung, Patientenbewegung etc.) nachzuführen. Bei diesem Vorgang können Informationen und Parameter des bildgebenden Systems wie zum Beispiel die Projektionsrichtung, die Position des

10 Untersuchungstisches und der II-Modus verwendet werden, um ein zuverlässigeres Ergebnis zu erhalten. Falls die Bewegung so groß sein sollte, dass die festgelegte ROI im aktuellen Bild nicht lokalisiert werden kann, werden die Blenden- und Filterelemente des Kollimators aus dem Gesichtsfeld entfernt, um eine Abbildung sicherzustellen und das Verfahren so robust, automatisiert und zuverlässig wie möglich zu machen.

15

Des Weiteren können für eine optimale Qualität Bildhomogenisierungstechniken eingesetzt werden, um Helligkeitsunterschiede zwischen den gedämpften Bildbereichen und den nicht gedämpften Bildbereichen zu korrigieren (S. Rudin, D.R. Bednarek, C.-Y. Yang: "Real-time equalization of region-of-interest fluoroscopic images using binary masks", Medical Physics 26:(7), 1359-1364, 1999; N. Robert, P.T. Komljenovic, J.A. Rowlands: "A filtering method for signal equalization in region-of-interest fluoroscopy", Medical Physics 29:(5), 736-747, 2002). Um das Rauschen in den von Blenden/Filtern bedeckten Bildbereichen zu reduzieren, kann eine Rauschfilterung erfolgen.

25 Die vorstehend detaillierter erläuterten Verfahrensschritte können bei anderen Anwendungen in geeigneter Weise abgewandelt werden, wobei die Auswahl zwischen verschiedenen, in der Software der Datenverarbeitungseinrichtung 2 implementierten Prozeduren zu Beginn einer Intervention durch den Nutzer erfolgen kann. Beispielsweise kann es bei der Behandlung einer Stenose in den Koronararterien (PTCA: Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty) unmöglich sein, das interessierende Segment eines Herzkranzgefäßes vollautomatisch zu identifizieren. Daher kann in einem

interaktiven Zwischenschritt durch einen Kardiologen die Anzeige eines Startpunktes und eines Endpunktes des interessierenden Gefäßsegmentes auf einem angiografischen Bild erfolgen. Anschließend kann eine automatische Segmentierung des Gefäßsegmentes stattfinden, zum Beispiel mit einem auf einer Frontpropagation und einem Gefäßfilter beruhenden Verfahren (S. Young, V. Pekar, J. Weese: "Vessel segmentation for visualization of MRA with bloodpool contrast agent", Medical Image Computing and Computer Assisted Interventions (MICCAI2001), W.J. Niessen, M.A. Viergever, eds.; Lecture Notes in Computer Science 2208, 2001).

10 Weiterhin ist es bei einer derartigen Anwendung nicht erwünscht, die Filterelemente des Kollimators 6 ständig in Abhängigkeit vom Herzschlag und der Atmung anzupassen. Aus diesem Grunde wird die interessierende Region so groß definiert, dass die zugehörige Kollimatoreinstellung das interessierende Gefäßsegment während aller auftretenden Phasen des Herzschlags und der Atmung erfasst. In ähnlicher Weise 15 müssen der Herzschlag und die Atmung auch bei einer Bewegungsabschätzung und -kompensation zur Anpassung der Kollimatoreinstellung berücksichtigt werden.

20 Falls Daten aus einer dreidimensionalen Röntgenangiographie zur Verfügung stehen, wird das interessierende Organ vorzugsweise dreidimensional definiert und segmentiert. Mit Hilfe solcher dreidimensionaler Daten kann der Kollimator 6 auch dann nachgeführt werden, wenn sich die Projektionsrichtung während der nachfolgenden Röntgenaufnahmen ändert.

25 Durch die hohe Automatisierung des beschriebenen Systems wird gewährleistet, dass die Vorteile einer Abbildungsbegrenzung auf eine interessierende Region in der Praxis auch genutzt werden. Die Strahlenbelastung für Patienten und Personal kann hierdurch minimiert werden. Durch weniger Streustrahlung von der Peripherie steigt ferner die Bildqualität im interessierenden Bereich. Daher kann entweder die Sichtbarkeit von Spiralen bzw. Drahtgeflechten zur Embolisierung von Gefäßen, Stents und dergleichen 30 verbessert oder bei gleichbleibender Sichtbarkeit von Details die Dosis verringert werden. Da nicht nur die Vorwärtsstreuung, sondern auch die Rückstreuung reduziert

wird, sinkt die Strahlenbelastung für das medizinische Personal.

PATENTANSPRÜCHE

1. Röntgeneinrichtung zur Erzeugung von Abbildungen eines Körpers, enthaltend
 - a) eine Röntgenstrahlungsquelle (7);
 - b) einen automatisch einstellbaren Kollimator (6) zur Begrenzung, lokalen Dämpfung und/oder Filterung eines Röntgenstrahlenbündels;
 - 5 c) einen Röntgendetektor (4);
 - d) eine mit dem Kollimator (6) und dem Röntgendetektor (4) gekoppelte Datenverarbeitungseinrichtung (2), welche dazu eingerichtet ist, auf mindestens einer vom Röntgendetektor (4) übermittelten ersten Röntgenaufnahme des Körpers eine interessierende Region (9) innerhalb des Körpers zu lokalisieren und den Kollimator (6) so einzustellen, dass die nachfolgenden Röntgenaufnahmen auf 10 die interessierende Region (9) konzentriert sind.
2. Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
 - 15 dass das Bestrahlungsfeld des auf die interessierende Region (9) eingestellten Kollimators (6) durch ein Organ oder einen Teil (10) eines Organs definiert wird.
3. Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
 - 20 dass die interessierende Region (9) die möglichen Lagen einer Körperstruktur (10) während einer zyklischen Eigenbewegung des Körpers abdeckt.
4. Röntgeneinrichtung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Datenverarbeitungseinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, anhand von mehreren ersten Röntgenaufnahmen aus verschiedenen Phasen der Eigenbewegung des Körpers (5) die interessierende Region (9) zu bestimmen.

- 5 5. Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ersten Röntgenaufnahmen ein Kontrastmittel innerhalb eines Gefäßsystems darstellen und die Datenverarbeitungseinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, den Gefäßverlauf aus der Detektion des Kontrastmittels auf den ersten Röntgenaufnahmen zu er-
10 mitteln.
6. Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie Mittel zur Erfassung einer Bewegung der interessierenden Region (9) des Kör-
15 pers enthält,
und dass die Datenverarbeitungseinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, die Einstellung des Kollimators (6) so nachzuführen, dass die Konzentration auf die interessierende Re-
gion (9) bestehen bleibt.
- 20 7. Röntgeneinrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenverarbeitungseinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, aus einer Bildanalyse der nachfolgenden Röntgenaufnahmen eine Abschätzung der Bewegung der interessie-
renden Region (9) vorzunehmen.
- 25 8. Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Datenverarbeitungseinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, den Kollimator (6) in eine vorgegebene Standardeinstellung zu versetzen, wenn die interessierende Region (9) nicht oder nicht mehr mit ausreichender Sicherheit lokalisiert werden kann.

- 5 9. Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie dazu eingerichtet ist, aus den ersten Röntgenaufnahmen eine dreidimensionale Lokalisierung der interessierenden Region vorzunehmen,
und dass die Datenverarbeitungseinrichtung (2) weiterhin dazu eingerichtet ist, bei
- 10 einer Veränderung der Aufnahmerichtung während der nachfolgenden Röntgenaufnahmen den Kollimator (6) nachzuführen.

10. Verfahren zur Erzeugung von Röntgenaufnahmen eines Körpers, umfassend die Schritte:

- 15 a) Erzeugung von mindestens einer ersten Röntgenaufnahme des Körpers;
- b) Lokalisierung einer interessierenden Region (9) innerhalb des Körpers auf der ersten Röntgenaufnahme;
- c) automatische Einstellung eines Kollimators (6) derart, dass die nachfolgenden Röntgenaufnahmen auf die interessierende Region (9) konzentriert sind.

ZUSAMMENFASSUNG

Röntgeneinrichtung mit automatisch einstellbarem Kollimator

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur automatischen Einstellung eines Kollimators (6). Dabei wird anwendungsspezifisch eine interessierende Region (9) innerhalb des Körpers aus einer Analyse von ersten Röntgenaufnahmen ermittelt, und der Kollimator (6) wird anschließend hierauf eingestellt. Die interessierende Region (9) kann insbesondere so groß gewählt werden, dass das Bestrahlungsfeld alle aufgrund von Herzschlag und/oder Atmung auftretenden Positionen eines interessierenden Organs (10) abdeckt. Vorzugsweise wird während einer laufenden Untersuchung eine Bewegungsabschätzung vorgenommen, um den Kollimator (6) gegebenenfalls nachzuführen zu können. Falls die interessierende Region nicht lokalisiert werden kann, wird der Kollimator (6) auf eine Standardeinstellung geöffnet.

Fig. 1

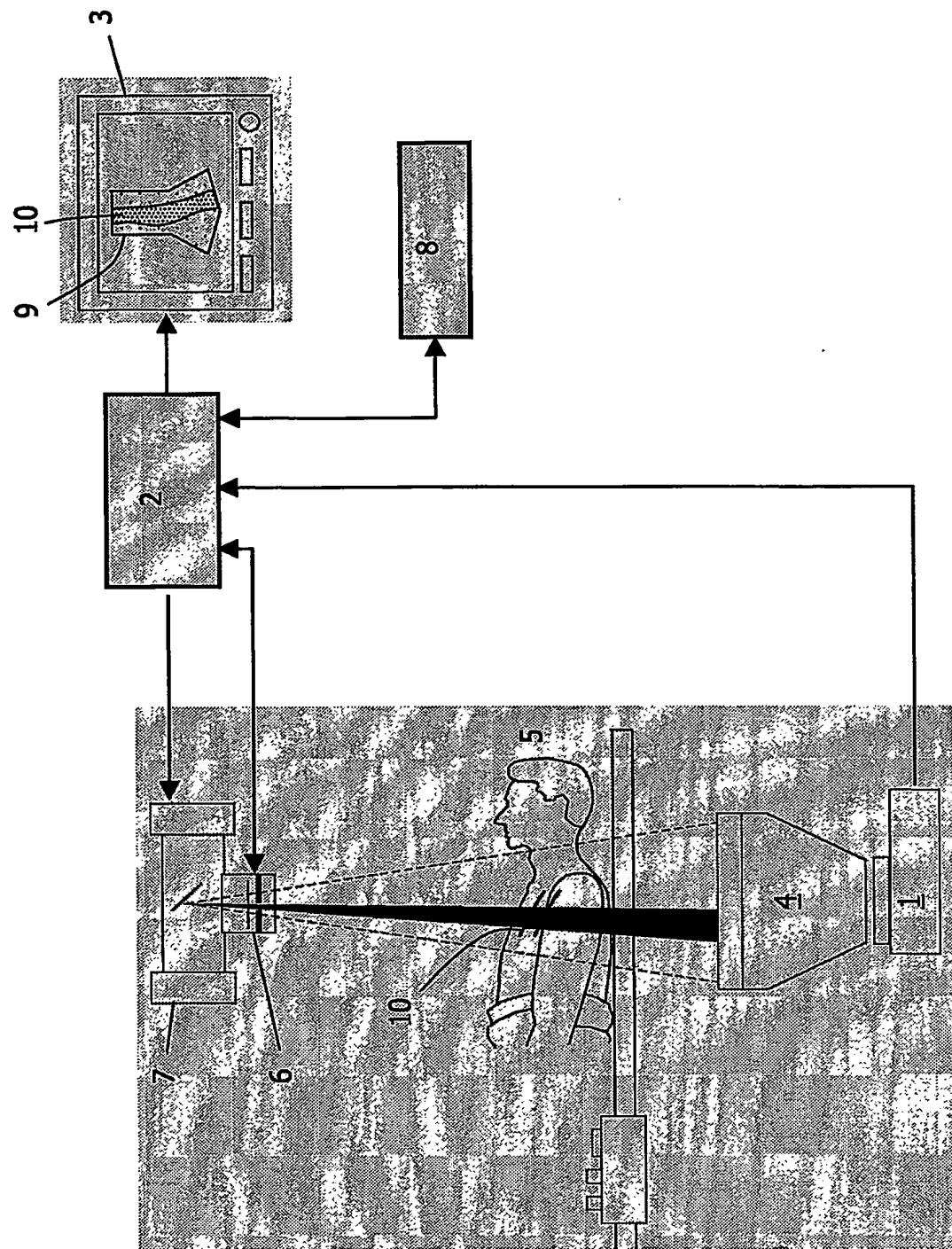


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY